

RESPUESTAS DE PROLACTINA AL ESTRÉS INDUCIDO POR UN ESFUERZO COMPETITIVO EN NATACIÓN

PROLACTIN RESPONSES TO STRESS INDUCED BY A COMPETITIVE SWIMMING EFFORT

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las respuestas de prolactina (PRL) al estrés, de origen tanto psíquico como fisiológico, inducido por un esfuerzo competitivo en natación. Trece nadadores, todos ellos varones (edad: $18,62 \pm 0,78$ años; talla: $174,95 \pm 1,80$ cm; masa corporal: $65,11 \pm 2,14$ Kg; IMC: $21,28 \pm 0,66$ Kg/m²; % grasa corporal: $10,75 \pm 1,00$), fueron evaluados en tres situaciones experimentales: condiciones basales, pre- y post-competición (100 m libres), en las que, además de valorar los niveles de ansiedad (a través del cuestionario STAI), se determinaron los niveles plasmáticos de PRL y ácido láctico. Los resultados obtenidos, muestran una clara respuesta de PRL al estrés psíquico observado en situación de pre-competición, produciéndose unos aumentos en su concentración plasmática del 37% en relación con los hallados en la situación basal ($5,52 \pm 0,53$ vs $4,02 \pm 0,53$ ng/mL, respectivamente; $p \leq 0,05$). Esta respuesta fue mucho más notable justo después de finalizar la prueba competitiva, donde, tras corregir la hemoconcentración detectada, se alcanzaron valores de $10,07 \pm 1,59$ ng/mL, observándose aumentos del 82% respecto a la situación de pre-competición ($p \leq 0,01$) y del 150% respecto a la situación basal ($p \leq 0,001$). Los niveles de ácido láctico aumentaron significativamente justo después de finalizar el esfuerzo competitivo, aunque no mostraron relación alguna con los niveles de PRL alcanzados en esa misma situación. Si se encontró, por otra parte, una correlación significativa entre la concentración de PRL y los niveles de ansiedad post-esfuerzo. Se puede concluir, por tanto, que, además del estrés psíquico (ansiedad pre-competitiva), el estrés fisiológico inducido por un esfuerzo competitivo en natación así como la intensidad de la ansiedad experimentada al finalizar dicho esfuerzo originan una importante respuesta de PRL.

Palabras clave: Prolactina. Estrés. Ansiedad. Competición. Natación. Ácido láctico.

SUMMARY

The aim of the present study was to evaluate the prolactin (PRL) responses to psychological and physiological stress induced by competitive swimming effort. Thirteen male swimmers (age: 18.62 ± 0.78 years; height: 174.95 ± 1.80 cm; body mass: 65.11 ± 2.14 Kg; BMI: 21.28 ± 0.66 Kg/m²; % body fat: 10.75 ± 1.00), took part in this investigation. The subjects were evaluated in three experimental trials: basal conditions, pre- and post- swimming competition (100 m freestyle), in which the anxiety levels (STAI questionnaire) and plasma PRL and lactate concentrations were registered. The results show an important PRL response to psychological stress observed in the pre-competition situation, since the PRL plasma concentration rose 37% compared to that measured in basal conditions (5.52 ± 0.53 ng/mL in pre-competition situation vs 4.02 ± 0.53 ng/mL in basal conditions; $p \leq 0.05$). This response was more pronounced at the end of the competition effort (reaching a concentration of 10.07 ± 1.59 ng/mL, in spite of corrected haemoconcentration), where increases of 82% compared to the pre-competition situation ($p \leq 0.01$) and 150% with regard to the plasma levels in basal conditions ($p \leq 0.001$) were observed. A significant rise in plasma lactate levels just at the end of the effort was found, although it did not seem to be related to PRL levels in the same situation. However, a significant correlation between PRL plasma concentration and post-exercise anxiety levels was observed. In conclusion, psychological stress (pre-competition anxiety), somatic stress induced by competitive swimming effort and the intensity of the anxiety experimented at the end of this exercise give rise to an important PRL response.

Key words: Prolactin. Stress. Anxiety. Competition. Swimming. Lactic acid.

Luis Carrasco Páez¹

Carmen Villaverde Gutiérrez²

Carlos Mendoza Oltras³

¹Depto. de expresión Musical, Plástica y Corporal Universidad de Sevilla
^{2,3}Depto. de Enfermería Universidad de Granada

CORRESPONDENCIA:

Luis Carrasco Páez
Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla. Avda. Ciudad Jardín, 22. 41005 Sevilla

Aceptado: 05-09-2005 / Original nº 507

INTRODUCCIÓN

Las respuestas y adaptaciones de ciertas hormonas segregadas a nivel hipofisiario, entre las que se encuentra la prolactina (PRL), pueden aportar una importante información sobre el nivel de estrés, de origen tanto psíquico como fisiológico, que un deportista experimenta durante el ejercicio físico y que se manifiesta a través de una alteración homeostática¹.

La PRL es una hormona de tipo polipeptídico y de cadena única compuesta por 198 aminoácidos, muy parecida a la de la hormona del crecimiento (hGH)². Sus principales acciones son la mamotropa y la gonadotropa, aunque, en general, diversos estímulos externos pueden impulsar la secreción de PRL. Entre ellos, uno de los más importantes es el estrés que, de un origen tanto físico como psíquico^{3,4}, está presente en la práctica de ejercicio físico, máxime cuando ésta es de carácter competitivo.

En cuanto al estrés fisiológico inducido por el ejercicio físico, diversos autores han centrado su atención en el estudio de las respuestas de PRL a esfuerzos de carácter máximo, con la implicación del metabolismo anaeróbico. Así, se han encontrado aumentos en la concentración plasmática de PRL superiores al 100% justo después de un esfuerzo progresivo y máximo⁵⁻⁷. En otro estudio se analizó la respuesta de PRL en sujetos entrenados a esfuerzos intensos de carácter interválico hasta su agotamiento. Justo después de finalizar el ejercicio, estos autores registraron niveles plasmáticos de PRL un 230% por encima de los normales⁸. También se encontraron notables elevadas concentraciones de PRL en plasma después de realizar un esfuerzo llevado hasta el agotamiento, aunque los niveles máximos se alcanzaron a los 60 minutos tras el ejercicio⁹.

Esfuerzos anaeróbicos, de corta duración y alta intensidad (saltos verticales consecutivos durante un periodo de 60 segundos) aumentaron los niveles de PRL en plasma, aunque sin presentar significación estadística¹⁰.

Por otro lado, se han realizado diversas investigaciones en las que se ha valorado la capacidad de respuesta de la PRL ante esfuerzos predominantemente aeróbicos. En este sentido, se han analizado las alteraciones de la concentración plasmática de esta hormona en pruebas atléticas de larga duración (media maratón y maratón), observándose incrementos significativos una vez finalizado el esfuerzo¹¹⁻¹³. A pesar de ello, existen datos que ofrecen cierta oposición a los anteriores, ya que tras examinar los niveles plasmáticos de PRL justo antes, durante e inmediatamente después de una carrera a pie de 110 km en once sujetos entrenados, no se registró alteración alguna¹⁴.

Aunque con algunas excepciones, todo parece indicar que esfuerzos de carácter tanto aeróbico como anaeróbico suponen un estímulo suficiente para provocar la liberación de PRL. Esto ha sido comprobado en un estudio en el que, tras 60 minutos de esfuerzo aeróbico continuo y después de 60 minutos de esfuerzo anaeróbico intermitente, los niveles plasmáticos de PRL de los nueve sujetos participantes en dicho estudio aumentaron significativamente en relación a sus valores basales¹⁵.

Otro de los objetivos perseguidos en varias investigaciones es el establecimiento de una intensidad de esfuerzo mínima a partir de la cual se produzca la respuesta y consiguiente secreción de PRL. En las primeras investigaciones realizadas a tal efecto, se estableció el umbral anaeróbico como intensidad mínima necesaria para provocar la respuesta de PRL¹⁶. Estudios posteriores situaron esta intensidad entre el 70 y 80% del consumo máximo de oxígeno (VO₂máx), llegando a demostrar que esfuerzos de menor intensidad no alteraban e incluso reducían los niveles de PRL en plasma¹⁷⁻²⁰.

Por otra parte, y en lo que hace referencia al estrés de origen psíquico, no parece que éste suponga un estímulo a partir del cual se produzca la liberación de PRL y aumente, en consecuencia, su concentración plasmática. Esto es lo que puede desprenderse de los escasos estudios en los que se ha valorado la reactividad de

PRL ante el estrés o ansiedad experimentado por los deportistas cuando se disponen a tomar parte en una competición^{1,11}. Tampoco el factor género parece suponer un aspecto diferenciador en las respuestas de PRL al estrés, psíquico y fisiológico, ya que los estudios realizados en este sentido no han encontrado diferencias al respecto^{10,21}.

Con estos precedentes, los principales objetivos de la presente investigación son, por una parte, valorar el estrés de carácter psíquico (ansiedad) generado por una situación de alto compromiso competitivo en deportistas, comprobando su posible efecto sobre la respuesta de PRL y, en segundo lugar, determinar la reactividad de esta hormona en relación con el estrés psicológico y fisiológico derivado de un esfuerzo a nado de corta duración y máxima intensidad realizado en situación de competición.

MATERIAL Y MÉTODOS

Trece varones, todos ellos nadadores de diferentes clubes de la Federación de Natación de la Comunidad Valenciana (edad: $18,62 \pm 0,78$ años; talla: $174,95 \pm 1,80$ cm; peso corporal: $65,11 \pm 2,14$ Kg; índice de masa corporal -IMC: $21,28 \pm 0,66$ Kg/m²; % grasa corporal, según el método de impedancia bioeléctrica: $10,75 \pm 1,00$), especialistas en las pruebas de 100 y 200 m, con una experiencia media de entrenamiento de $5,85 \pm 0,79$ años y un volumen de entrenamiento semanal de $20,27 \pm 1,22$ Km, participaron de forma voluntaria en este estudio, una vez mostrado su consentimiento al ser informados del protocolo experimental a realizar.

Los sujetos se sometieron a dos situaciones experimentales. En la primera de ellas, estos nadadores fueron analizados en condiciones basales, alcanzadas después de 24 horas sin haber realizado ejercicio físico alguno y tras un periodo de 8 h de ayuno. Una vez en el laboratorio se procedió a registrar las diferentes medidas antropométricas consideradas, para después practicarles una extracción sanguínea (10 mL) en vena antecubital. Tras la extracción, los

sujetos completaron el cuestionario STAI (*State - Trait Anxiety Inventory*)²², en su versión ansiedad - estado.

Una semana después y respetando la franja horaria en la que se llevó a cabo la situación basal (entre las 8:30 y 10 h), los sujetos tomaron parte en una competición oficial de natación de alto compromiso competitivo, a la que llegaron manteniendo un estado de ayunas (8 h) y sin haber realizado ejercicio físico en las últimas 24 h. Ya en la instalación deportiva, y tras 10 min de reposo, se les extrajo una muestra sanguínea (10 mL). Una vez acabada la extracción, los nadadores, de forma individual, completaron el cuestionario STAI (estado). Seguidamente realizaron un calentamiento estándar de 20 min de duración, tras el cual (20-25 min después) tomaron parte en la competición, nadando la prueba de 100 m libres (estilo crol).

El tiempo empleado por cada nadador/a en recorrer los 100 m fue registrado por dos cronometradores del Colegio Provincial de Árbitros de Alicante, siendo éste el valor medio de los dos registros. Justo después de concluir la prueba (entre los min 1 y 2 post-esfuerzo) cada uno de los deportistas fue sometido a una nueva extracción sanguínea (10 mL), volviendo, a continuación, a cumplimentar el cuestionario STAI (estado). Las condiciones ambientales registradas durante la competición fueron de 27,5°C para la temperatura del agua, 29,4 °C para la temperatura ambiente y un 58% para la humedad relativa del aire.

Cada una de las muestras de sangre fue repartida en dos alícuotas o tubos de 5 mL con EDTA dipotásico como anticoagulante, a los que se les añadió 50 µL de aprotinina (Sigma Aprotinin A6279), consiguiéndose, dada la concentración y actividad del preparado (1,5 mg/mL y 4,7 TIU/mg, respectivamente), una inhibición de la acción proteolítica de 0,35 TIU/mg en cada tubo. Una de estas alícuotas se destinó a un análisis hematológico básico (analizador automático Coulter JT3), mientras que, a partir de la alícuota restante se obtuvo el plasma correspondiente (previa centrifugación

a 2000 rpm durante 15 minutos), en el que se determinó la concentración de PRL (RIA, Radim-Ibérica. Variación intra-análisis: 4%; interanálisis: 6%), de proteínas totales (electrofotometría; autoanalizador Hitachi 737, Boehringer-Mannheim), y de ácido láctico (determinación enzimática y fotometría de reflejo; *Accusport*®, Roche/Boehringer-Mannheim). La razón por la cual se realizó un hemograma, atendiendo a las concentraciones de hemoglobina y al valor hematocrito fue el cálculo de los posibles cambios en el volumen plasmático que, a priori, podrían alterar las determinaciones establecidas²³. Asimismo se determinó la concentración de proteínas totales plasmáticas para corroborar estos posibles cambios. (En caso de cambios notables, y de cara a la corrección de la concentración de los parámetros bioquímicos considerados en cada uno de los sujetos, se procede multiplicando la concentración obtenida en dichos parámetros después del esfuerzo por el porcentaje de cambio en el

volumen plasmático y por 0,01, sumando o restando la cantidad resultante a la concentración obtenida según aumente o disminuya el volumen plasmático).

Todos los datos se expresan como media \pm error estándar de la media (SEM). En el análisis estadístico se utilizó metodología no paramétrica, de forma que la comparación entre las situaciones experimentales se llevó a cabo mediante las pruebas de Wilcoxon para muestras relacionadas. Además, en el análisis de la relación entre variables se ha utilizado el análisis de regresión lineal así como el coeficiente de correlación de Pearson. Es necesario indicar que, en todos los casos, se ha considerado un intervalo de confianza del 95% ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

La concentración plasmática de PRL registrada en los nadadores en condiciones basales fue de $4,02 \pm 0,53$ ng/mL (Figura 1), obteniéndose valores de $1,77 \pm 0,07$ mMol/L correspondientes a la concentración de ácido láctico en plasma (Figura 2). Las puntuaciones sobre ansiedad estado obtenidas en el cuestionario STAI en esta situación basal fueron de $18,46 \pm 2,79$ (Figura 3).

En la situación de competición y, más concretamente, antes de realizar el esfuerzo, se observó, respecto a la situación basal, un aumento significativo ($p \leq 0.05$) de los niveles plasmáticos de PRL, alcanzando éstos los $5,52 \pm 0,53$ ng/mL (Figura 1). Asimismo, las concentraciones plasmáticas de ácido láctico fueron de $1,89 \pm 0,04$ mMol/L, prácticamente similares a las encontradas en la situación basal (Figura 2). En cuanto a la puntuación obtenida en el cuestionario STAI (ansiedad estado) en estas condiciones pre-competitivas, hay que decir que se apreció un aumento en dichos valores, alcanzando la cifra de $24,46 \pm 3,11$, y mostrando, además, significación estadística respecto a los datos derivados de la situación basal (Figura 3).

FIGURA 1. Concentración plasmática de PRL en las diferentes situaciones experimentales. Los asteriscos indican las diferencias respecto a la situación basal (* $p \leq 0.05$; *** $p \leq 0.001$); el signo "+" indica las diferencias respecto a la situación de pre-competición (++ $p \leq 0.01$)

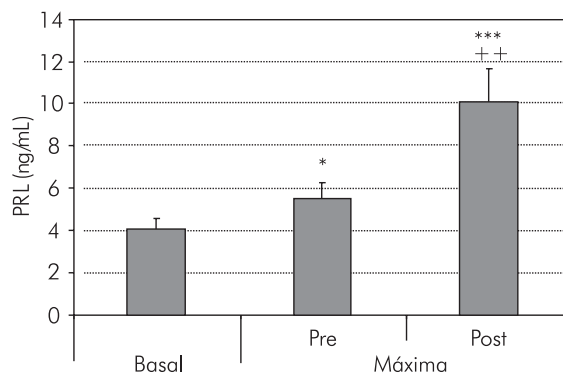
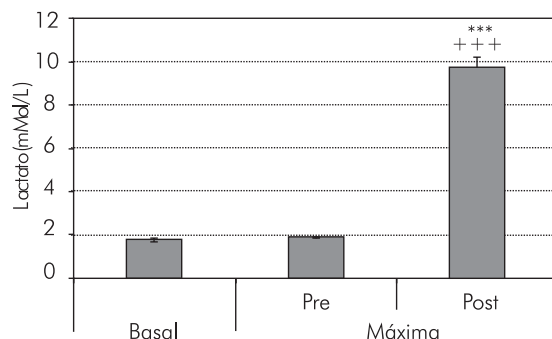


FIGURA 2. Niveles plasmáticos de ácido láctico en las diferentes situaciones experimentales. Los asteriscos indican las diferencias respecto a la situación basal (*** $p \leq 0.001$); el signo "+" indica las diferencias respecto a la situación de pre-competición (+++ $p \leq 0.001$)



El tiempo medio invertido en la prueba de 100 m de nado crol en competición fue de $61,47 \pm 1,98$ s. En este sentido, uno de los aspectos destacables en el estudio fue el descenso porcentual del volumen plasmático como consecuencia del esfuerzo realizado, cifrado, según los cálculos en los que intervienen las concentraciones de hemoglobina y los valores hematocrito pre y post-esfuerzo (Tabla 1), en un $11,42 \pm 1,28\%$. Este descenso en el volumen plasmático quedó corroborado por un aumento significativo de la concentración de proteínas totales plasmáticas justo al finalizar la prueba (de $7,77 \pm 0,11$ a $8,55 \pm 0,11$ g/dL) (Figura 4). De esta manera, se procedió a corregir, en función del cambio porcentual individual, cada una de las determinaciones hormonales y bioquímicas consideradas.

Si bien antes de tomar parte en la competición ya se registraron importantes aumentos en la concentración de plasmática de PRL, la respuesta de esta hormona como consecuencia del esfuerzo realizado provocó un desmesurado aumento de sus niveles circulantes, alcanzando unos valores medios de $10,07 \pm 1,59$ ng/mL, valores que, aún siendo corregidos según los cambios en el volumen plasmático, fueron significativamente superiores a los encontrados en la situación basal y antes del mencionado esfuerzo (Figura 1). Aumentos muy parecidos fueron los registrados en relación con la concentración plasmática de lactato, ya que, una vez corregidos, alcanzaron los $9,72 \pm 0,53$ mMol/L. Dichos valores se mostraron significativamente superiores a los encontrados tanto en la situación basal como antes de tomar parte en la competición (Figura 2). Por otra parte, y en lo que hace referencia a los niveles de ansiedad estado post-competición ($22,69 \pm 3,19$), hay que decir que éstos fueron ligeramente inferiores a los hallados justo antes del esfuerzo y algo superiores a los registrados en la situación basal, sin llegar a observarse diferencias estadísticas al respecto (Figura 3). En cuanto a la relación entre los diferentes parámetros considerados, sólo se obtuvo una correlación estadísticamente significativa entre la concentración plasmática de PRL y los nive-

les de ansiedad - estado justo después del esfuerzo competitivo (Tabla 2).

DISCUSIÓN

La competición deportiva puede ser considerada como la expresión máxima de la práctica de actividad física. En este sentido, y desde el punto de vista psicosomático, muy pocas situaciones pueden generar unas alteraciones orgánicas semejantes. La respuesta fisiológica ante dichas alteraciones involucra la puesta en mar-

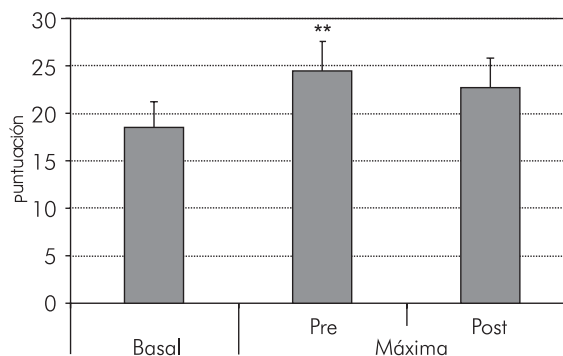


FIGURA 3. Niveles de ansiedad estado según las puntuaciones obtenidas en el STAI en las diferentes situaciones experimentales. Los asteriscos indican las diferencias respecto a la situación basal (** $p \leq 0.01$)

Parámetros	Situación competitiva	
	Pre - esfuerzo	Post - esfuerzo
Hemoglobina (g/dL)	$15,65 \pm 0,22$	$16,54 \pm 0,21^{**}$
Hematocrito (%)	$47,27 \pm 0,59$	$50,68 \pm 0,66^{**}$
Cambios en el volumen plasmático (%)	$- 11,42 \pm 1,28$	

** $p \leq 0,01$ según la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon para muestras relacionadas

TABLA 1. Parámetros hematológicos y cambios porcentuales en el volumen plasmático tras 100 m de natación estilo libre

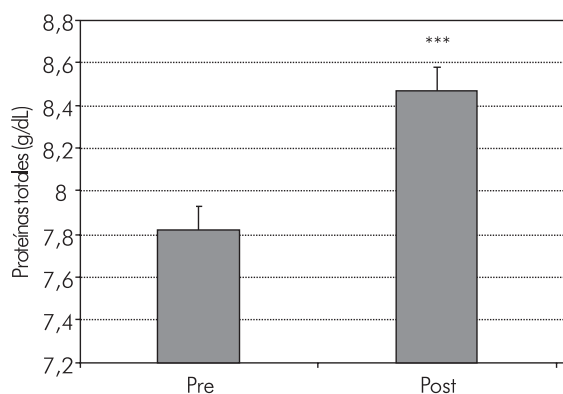


FIGURA 4. Concentración de proteínas totales plasmáticas en el esfuerzo máximo o competición. Los asteriscos indican las diferencias respecto a la situación basal (***) $p \leq 0.001$

TABLA 2.
Correlaciones
e índices
de significación
estadística entre
los diferentes
parámetros
analizados

	Situaciones experimentales	Basal	Concentración plasmática de PRL (ng/mL)	
			Pre-competición	Post-competición
Ácido Láctico (mMol/L)	Basal	r = 0,181 p = 0,553	r = 0,255 p = 0,401	r = 0,133 p = 0,664
	Pre-competición	r = -0,290 p = 0,336	r = 0,120 p = 0,696	r = 0,412 p = 0,162
	Post-competición	r = 0,343 p = 0,252	r = 0,306 p = 0,309	r = 0,125 p = 0,683
Ansiedad Estado	Basal	r = -0,199 p = 0,515	r = -0,410 p = 0,164	r = -0,171 p = 0,577
	Pre-competición	r = -0,410 p = 0,164	r = -0,020 p = 0,949	r = 0,247 p = 0,415
	Post-competición	r = -0,171 p = 0,577	r = 0,359 p = 0,229	r = 0,573* p = 0,041

*p≤0,05.

cha del sistema endocrino, donde el eje hipotálamo - hipofisario - adrenal juega un papel principal en la respuesta del organismo al estrés, tanto físico como psicológico²⁴. En la presente investigación se han valorado los niveles plasmáticos de PRL, hormona que, junto a otras, se libera al torrente circulatorio en respuesta a diferentes tipos de estrés.

Así, el análisis de las concentraciones plasmáticas de PRL obtenidas en situación basal facilita información sobre las adaptaciones que, sobre esta hormona, puede generar el entrenamiento en natación. En este caso, hay que decir, en primer lugar, que los valores basales encontrados quedan encuadrados dentro de los límites normales para la concentración plasmática de esta hormona²⁵, siendo, a la vez, muy parecidos a los registrados en otras investigaciones^{2,13}. Con estos resultados, y teniendo en cuenta que, en la gran mayoría de estudios se han obtenido niveles basales de PRL muy parecidos en sujetos entrenados y sedentarios^{11,17,26-28}, no se puede hablar de una adaptación al entrenamiento deportivo en términos de una alteración de los niveles basales de esta hormona.

En lo que hace referencia a la concentración de lactato plasmático en condiciones basales, y teniendo en cuenta los datos que, sobre nadadores, aportan algunas investigaciones²⁹, el valor medio de las concentraciones obtenidas en el presente estudio se sitúa dentro del rango descrito por estos autores (0,9 - 2,3 mMol/L).

Por otro lado, al comparar los niveles de ansiedad rasgo y estado valorados en la situación

basal con el baremo establecido para la valoración normativa de la ansiedad medida con el STAI²², los índices alcanzados por los sujetos participantes en esta investigación se sitúan, para su rango de edad, ligeramente por debajo de la mediana española (20 puntos), lo que da muestras de su normalidad. Aunque algunos autores han evidenciado un mayor nivel de ansiedad rasgo en nadadoras de competición que en nadadoras aficionadas y sedentarias³⁰, en la presente investigación, y a pesar de lo comentado con anterioridad, el factor competitivo no parece afectar plenamente a los sujetos evaluados en esta ocasión.

Por otra parte, y en lo que hace referencia a la prueba máxima, hay que decir que se observaron interesantes respuestas de PRL. Antes de tomar parte en la competición, se produjo un notable aumento en la concentración plasmática de esta hormona, lo que, en términos porcentuales puede cifrarse en un 40% respecto a la situación basal (p≤ 0,05). Estos resultados no hacen más que reflejar la respuesta de PRL ante una situación en la que se generó cierto grado de estrés psíquico (ansiedad), aspecto este último que se constató con un aumento considerable de la ansiedad estado, sobre todo si se compara con los niveles obtenidos en la situación basal (25,50±2,24 vs 18,79±1,62, respectivamente; p≤ 0,001). Estos aumentos en la ansiedad coinciden con los indicados con anterioridad por algunos autores^{31,32}, aunque en estos casos los niveles de ansiedad estado en situación de pre-competición de los nadadores analizados son algo superiores a los encontrados en este estudio. No obstante, de lo que no cabe duda es que la relevancia de la competi-

ción propuesta en esta investigación (en la que la mayoría de nadadores debían conseguir las marcas mínimas necesarias para acceder a campeonatos de ámbito estatal) supuso un importante factor estresante para los sujetos participantes, por lo que se puede deducir que el compromiso competitivo es un factor decisivo en este sentido³³. Así, y a pesar de no encontrar índices de correlación significativos entre PRL y ansiedad pre-competitiva (Tabla 2), estos resultados se oponen a los encontrados por diversos autores, en cuyas investigaciones no encontraron respuestas de PRL ante el estrés o ansiedad de pre-competición^{1,11}.

Una vez finalizado el esfuerzo correspondiente a la prueba máxima (post-competición), se obtuvieron los aumentos más importantes en los niveles plasmáticos de PRL, llegando a ser de un 82% ($p \leq 0.01$). Si, por otra parte, se comparan los niveles de PRL obtenidos justo después del esfuerzo máximo con los correspondientes a la situación basal, los aumentos se presentan más pronunciados (150%), definiendo así diferencias todavía más importantes ($p \leq 0.001$). Si bien ya se habían encontrado respuestas de PRL ante ejercicios progresivos y máximos^{5,6,9}, los resultados obtenidos en la presente investigación, contrarios a los encontrados en investigaciones anteriores¹⁰, demuestran una clara respuesta de PRL ante un esfuerzo máximo de corta duración, caracterizado por un predominio del metabolismo anaeróbico.

Al igual que ocurriera con la PRL, la concentración plasmática de lactato al finalizar el esfuerzo competitivo experimentó un aumento bastante notable respecto a los valores basales y los obtenidos antes de dicha prueba ($p \leq 0.001$). Estos resultados eran de esperar, ya que tal y como se ha establecido con anterioridad³⁴⁻³⁶, la prueba de 100 m conlleva un predominio del sistema anaeróbico de producción de energía, con la consiguiente producción de ácido láctico. A pesar de este incremento, los niveles de lactato encontrados en esta investigación son sensiblemente inferiores a los aportados en otros estudios, destacando uno de ellos en el que se registraron, en un grupo de nadadores

con edades similares a los participantes en la presente investigación y en la misma prueba (100 m de crol), concentraciones de lactato próximas a 11 mMol/L³⁷. Hay que tener en cuenta, por un lado, que estos datos hacen referencia al pico máximo de dichas concentraciones, haciéndose necesarias, para su determinación, varias muestras de sangre durante el periodo post-esfuerzo (ya que se produce cierto retardo en la difusión del lactato desde las células musculares). En la presente investigación se obtuvo una única muestra de sangre inmediatamente después de finalizar el esfuerzo, por lo que, probablemente, no se registraron las concentraciones máximas de este metabolito. Además, a diferencia de otras investigaciones, los valores de este metabolito fueron corregidos según los cambios porcentuales del volumen plasmático, lo que provocó una ligera disminución en sus concentraciones.

Se ha estipulado que la respuesta de hormonas como las endorfinas, corticotropina y PRL, puede ser estimulada por la producción de ácido láctico resultante del metabolismo energético a nivel muscular³⁸. Así, se han desarrollado diversas investigaciones al respecto, en las que diversos autores han conseguido encontrar cierta relación entre el lactato y los niveles plasmáticos de estas hormonas tras el ejercicio^{39,40}. Sin embargo, en la presente investigación, al contrastar los niveles plasmáticos de PRL, obtenidos en las diferentes situaciones experimentales, con los correspondientes al ácido láctico plasmático, no se han obtenido coeficientes de correlación significativos (Tabla 2). Estos resultados parecen descartar una posible relación entre la acumulación de lactato y la respuesta de PRL tras esfuerzos de corta duración y diferente intensidad, oponiéndose, además, a lo afirmado por otros autores^{16,17}.

Por otro lado, los niveles de ansiedad estado obtenidos justo después del esfuerzo en la prueba máxima se muestran, en general, inferiores a los registrados en situación de pre-competición, aunque sin alcanzar la significación estadística. Tampoco se diferencian de los valores basales, aunque los niveles de ansiedad conse-

guidos en esta situación de post-esfuerzo son algo más elevados. Los descensos obtenidos en situación de post-esfuerzo se sitúan, en contra de lo indicado por otros autores³², corroborando resultados anteriores que hablan de una disminución de los niveles de ansiedad al finalizar diferentes tipos de ejercicios, aún tratándose de esfuerzos puramente anaeróbicos^{41,42}. Sin embargo, se halló una correlación significativa ($r=0,573$; $p=0,041$) entre las concentraciones plasmáticas de PRL y los niveles de ansiedad - estado obtenidos justo después de finalizar el esfuerzo (Tabla 2). Si bien los niveles de ansiedad disminuyeron respecto a la situación de pre-competición, la débil, aunque significativa, relación entre PRL y ansiedad en situación de post-esfuerzo y la ausencia de relación entre PRL y ácido láctico en esta misma situación, podrían indicar que la ansiedad percibida por los deportistas después de un esfuerzo de estas características sería un importante factor a tener en cuenta en la respuesta de PRL. En este sentido, y al igual que han hecho otros autores en el estudio de la respuesta hormonal al ejercicio en sujetos con depresión⁴³, sería interesante determinar el efecto que la PRL puede generar sobre otras hormonas o neurotransmisores relacionados con la ansiedad derivada del ejercicio físico.

Por último, no hay que olvidar que, para controlar los posibles cambios en el volumen plasmático durante el esfuerzo, se utilizaron los cálculos que implican al valor hematocrito y la concentración de hemoglobina²³, valorando, de forma añadida, la concentración de proteínas totales plasmáticas. A través de los resultados obtenidos, se observó, en la prueba máxima, una notable hemoconcentración. De hecho, los niveles de hematocrito y hemoglobina sufrieron un importante aumento, lo que traducido en cambios porcentuales en el volumen plasmático significó un descenso superior al 10%. De forma paralela, se registró un aumento significativo ($p\leq 0.001$) en los niveles de proteínas totales plasmáticas, lo que confirmó estos cambios. Con esto se procedió a la corrección de los parámetros medidos en plasma, en este caso la hormona PRL y el ácido láctico.

Estos cambios en el volumen plasmático pueden ser explicados por diferentes vías. En primer lugar, es necesario recordar que la extracción de sangre en situación de pre-competición se efectuó 20 minutos antes de tomar parte en la prueba, tiempo que se dedicó al calentamiento. Aunque dicho calentamiento consistió en un esfuerzo a nado de baja intensidad, es probable que, como consecuencia, se produjeran alteraciones en el volumen plasmático. Por otro lado, y aunque a priori se pudiera pensar que el esfuerzo realizado (alrededor de un minuto de natación a intensidad máxima) no es capaz de producir modificaciones en el volumen plasmático, dada su corta duración y la imposibilidad de evaporar sudor para regular la temperatura corporal, existen datos que certifican la hemoconcentración derivada de este tipo de esfuerzos. En este sentido, hay que decir que se ha conseguido hallar, justo después de un esfuerzo intenso de un minuto de duración sobre cicloergómetro, un descenso en el volumen plasmático alrededor del 15%, un valor superior a los encontrados en el presente estudio⁴⁴. Además, se han encontrado descensos del orden del 16% tras una prueba de 100 m en natación realizada a la máxima intensidad posible⁴⁵, por lo que las modificaciones que se han producido en el presente estudio se encuentran dentro de lo estipulado. Otros estudios, en los que se han planteado esfuerzos a nado de mayor duración, también han aportado resultados parecidos. Así, varios autores dieron con un notable aumento del valor hematocrito justo después de realizar un esfuerzo a nado (estilo espalda) de 20 minutos de duración⁴⁶. Además, en otra investigación, se registraron descensos en el volumen plasmático del 7,3% tras realizar 15 repeticiones sobre 100 m a una intensidad equivalente al 95% del $VO_{2m\acute{a}x}$ ⁴⁷.

En definitiva, y a modo de conclusión, puede decirse, en primer lugar, que la competición en natación (esfuerzo máximo de corta duración) induce un estrés, tanto p \acute{i} sico como fisiol \acute{o} gico, que provoca una importante respuesta o secreción de PRL al torrente circulatorio. Nuevas investigaciones deberían aclarar o definir las funciones de esta hormona una vez liberada

a la circulación periférica durante el ejercicio físico intenso, ya que su papel osmorregulador, su acción en el control del sodio, su función inmunorreguladora y la modulación de su respuesta al ejercicio físico por la hiperglicemia que-

dan, todavía, por resolver. Por otra parte, y aún tratándose de un esfuerzo de marcado carácter anaeróbico no puede establecerse una relación directa entre la respuesta de PRL y el aumento de la concentración plasmática de lactato.

B I B L I O G R A F I A

1. Suay F, Salvador A, González-Bono E, Sanchis C, Martínez M, Martínez-Sanchis S, *et al.* Effects of competition and its outcome on serum testosterone, cortisol and prolactin. *Psychoneuroendocrinology* 1999; 24(5):551-66.
2. Berne RM, Levy M. Fisiología. 2ª Edición. Madrid. Harcourt España, 1998.
3. Aguilar E. Integración neuroendocrina. En: Tresguerres, J.A.F.: Fisiología endocrina. Madrid. EUDEMA, 1989.
4. Fernández JM, Diego AM, Fernández VJ. Hormonas y ejercicio. En: González Gallego, J.: Fisiología de la actividad física y del deporte. Madrid. Interamericana - McGraw Hill, 1992.
5. Oleshansky MA, Zoltick JM, Herman RH, Mougey EH, Meyerhoff JL. The influence of fitness on neuroendocrine responses to exhaustive treadmill exercise. *Eur J Appl Physiol* 1990;59:405-10.
6. Coiro V, Volpi R, Maffei ML, Caiazza A, Caffari G, Capretti L, *et al.* Opioid modulation of the gamma-aminobutyric acid-controlled inhibition of exercise-stimulated growth hormone and prolactin secretion in normal men. *Eur J Endocrinol* 1994;131(1):50-5.
7. Pompe, van der G, Bernards, N Kavelaars, A Heijnen, C. An exploratory study into the effect of exhausting bicycle exercise on endocrine and immune responses in postmenopausal women: relationships between vigour and plasma cortisol concentrations and lymphocyte proliferation following exercise. *Int J Sports Med* 2001; 22:447-53.
8. Gray AB, Telford RD, Weidemann MJ. Endocrine responses to intense interval exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;66(4):366-71.
9. Elias AN, Wilson AF, Naqvi S, Pandian MR. Effects of blood pH and blood lactate on growth hormone, prolactin and gonadotropin release after acute exercise in male volunteers. *Proc Soc Exp Biol Med* 1997;214(2): 156-60.
10. Bosco C, Colli R, Bonomi R, Von Duvillard SP, Viru A. Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(1):202-8.
11. Scavo D, Barletta C, Vagiri D, Letizia C. Adrenocorticotrophic hormone, beta-endorphin, cortisol, growth hormone and prolactin circulating levels in nineteen athletes before and after half-marathon and marathon. *J Sports Med Phys Fitness* 1991;31(3):401-6.
12. Deuster PA, Kyle SB, Singh A, Moser PB, Bernier LL, Yu-Yahiro JA, Schoemaker EB. Exercise-induced changes in blood minerals, associated proteins and hormones in women athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1991;31(4):552-60.
13. Suzuki K, Yamada M, Kurakake S, Okamura N, Yamaya K, Liu Q, *et al.* Circulating cytokines and hormones with immunosuppressive but neutrophil-priming potentials rise after endurance exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2000;81:281-7.
14. Fournier PE, Stalder J, Mermillod B, Chantraine A. Effects of a 110 kilometers ultra-marathon race on plasma hormone levels. *Int J Sports Med* 1997;18(4):252-6.
15. Hackney AC, Premo MC, McMurray RG. Influence of aerobic versus anaerobic exercise on the relationship between reproductive hormones in men. *J Sports Sci* 1995; 13(4):305-11.
16. De Meirleir KL, Baeyens L, L'Hermite-Baleriaux M, L'Hermite M, Hollmann W. Exercise-induced prolactin release is related to anaerobiosis. *J Clin Endocrinol Metab* 1985;60(6):1250-2.
17. Luger A, Watschinger B, Deuster P, Svoboda T, Clodi M, Chrousos GP. Plasma growth hormone and prolactin responses to graded levels of acute exercise and to a lactate infusion. *Neuroendocrinology* 1992;56(1):112-7.
18. Bemben DA, Boileau RA, Bahr JM, Nelson RA, Misner JE. Effects of oral contraceptives on hormonal and metabolic responses during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24 (4):434-41.

19. **Strüder HK, Hollmann W, Platen P, Wöstmann R, Ferrauti A, Weber K.** Effects of exercise intensity on free tryptophan to branched-chain amino acids ratio and plasma prolactin during endurance exercise. *Can J Appl Physiol* 1997;22: 280-91.
20. **De Vries WR, Bernardis NT, de Rooij MH, Koppeschaar HP.** Dynamic exercise discloses different time-related responses in stress hormones. *Psychosom Med* 2000;62(6): 866-72.
21. **Kraemer RR, Blair MS, McCaferty R, Castracane VD.** Running-induced alterations in growth hormone, prolactin, triiodothyronine, and thyroxine concentrations in trained and untrained men and women. *Res Q Exerc Sport* 1993; 64:69-74.
22. **Spielberger CD, Gorsuch RL, Lushene RE.** Cuestionario de ansiedad estado-rasgo: manual STAI. 4ª Ed. Madrid. TEA, 1994.
23. **Dill DB, Costill DL.** Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells in dehydration. *J Appl Physiol* 1974;37(2):247-8.
24. **Sharma A, Kendall MJ, Oyebofe F, Jones DA.** Recovery from chronic fatigue syndrome associated with changes in neuroendocrine function. *J R Soc Med* 2001;94:26-7.
25. **Kohler P.** Enfermedades del hipotálamo y de la pituitaria anterior. En: Harrison, TR. Principios de Medicina Interna. Vol. I. Madrid. Interamericana - McGraw Hill, 1983.
26. **Arce JC, De Souza MJ, Pescatello LS, Luciano, AA.** Subclinical alterations in hormone and semen profile in athletes. *Fertil Steril* 1993;59(2):398-404.
27. **De Souza MJ, Arce JC, Pescatello LS, Scherzer HS, Luciano AA.** Gonadal hormones and semen quality in male runners. A volume threshold effect of endurance training. *Int J Sport Med* 1994;15(7):383-91.
28. **Hackney AC, Fahrner CL, Gullledge TP.** Basal reproductive hormonal profiles are altered in endurance trained men. *J Sports Med Phys Fitness* 1998;38:138-41.
29. **Beckett KD, Steigbigel K.** Effects of warm down techniques on the removal of lactate acid following maximal human performance. *J Swim Res* 1993;9:32-5.
30. **Riddick CC.** Comparative psychological profiles of three groups of female collegiate competitive swimmers, recreational swimmers and inactive swimmers. *J Sport Behaviour* 1984;7(4):160-74.
31. **Huband ED, McKelvie JS.** Pre and post game state-anxiety in team athletes high and low in competitive trait anxiety. *Int J Sport Psychol* 1986;17:191-8.
32. **González de Juan JI.** Evaluación y predicción de la ansiedad ante la competición deportiva. *Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física*, 1990;15-16:55-66.
33. **Raglin JS, Wise KJ, Morgan WP.** Predicted and actual pre-competition anxiety in high school girl swimmers. *J Swim Res* 1990;6(2):5-8.
34. **Troup J.** Energy systems and training considerations. *J Swim Res* 1984;1:13-6.
35. **Maglischo EW.** Swimming even faster. Mountain View, CA. *Mayfield Publishing Company*, 1993.
36. **Capelli C, Pendergast DR, Termin B.** Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *Eur J Appl Physiol* 1998;78:385-93.
37. **Avlonitou, E.** Maximal lactate values following competitive performance varying according to age, sex and swimming style. *J Sports Med Phys Fitness* 1996;36:24-30.
38. **De Meirleir KL, Naaktgeboren N, Steirteghem V, Gorus F, Albrecht J, Block P.** Beta-endorphin and ACTH levels in peripheral blood during and after aerobic and anaerobic exercise. *Eur J Appl Physiol* 1986;55:5-8.
39. **Heitkamp HCH, Schulz H, Röcker K, Dickhuth HH.** Endurance training in females: changes in β -endorphin and ACTH. *Int J Sports Med* 1998;19:260-4.
40. **Schulz A, Harbach H, Katz N, Geiger L, Teschemacher H.** β -endorphin immunoreactive material and authentic β -endorphin in the plasma of males undergoing anaerobic exercise on a rowing ergometer. *Int J Sports Med* 2000; 21(7):513-7.
41. **Morgan WP, Horstman DH, Cymerman A, Stokes J.** Exercise as a relaxation technique. *Primary Cardiol* 1980;6:48-57.
42. **Berger BG, Owen DR.** Anxiety reduction with swimming: relationships between exercise and state, trait and somatic anxiety. *Int J Sport Psychol* 1987;18(4):286-302.
43. **Kiive E, Maaros J, Shlik J, Toru I, Harro J.** Growth hormone, cortisol and prolactin responses to physical exercise: higher prolactin response in depressed patients. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2004;28:1007-13.
44. **Gabriel H, Schwarz L, Steffens G, Kindermann W.** Immunoregulatory hormones, circulating leucocyte and lymphocyte subpopulations before and after endurance exercise of different intensities. *Int J Sports Med* 1992;13: 359-66.
45. **Goodman C, Rogers GG, Vermaak H, Goodman MR.** Biochemical responses during recovery from maximal and

- submaximal swimming exercise. *Eur J Appl Physiol* 1985; 54:436-41.
46. **Viti A, Lupo C, Lodi L, Bonifazi M, Martelli G.** Hormonal changes after supine posture, immersion, and swimming. *Int J Sports Med* 1989;10(6):402-5.
47. **Kargotich S, Keast D, Goodman C, Crawford GPM, Morton AR.** The influence of blood volume changes on leucocyte and lymphocyte subpopulations in elite swimmers following interval training of varying intensities. *Int J Sports Med* 1997;18:373-80.